

PAT-NO: JP02001015826A
DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 2001015826 A
TITLE: TUNNEL MAGNETORESISTANCE EFFECT HEAD
PUBN-DATE: January 19, 2001

INVENTOR-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
REDON, OLIVIER	N/A
SHIMAZAWA, KOJI	N/A
KASAHARA, HIROAKI	N/A
ARAKI, SATORU	N/A

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
TDK CORP	N/A

APPL-NO: JP11188472
APPL-DATE: July 2, 1999

INT-CL (IPC): H01L043/08 , G11B005/39

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a tunnel magnetoresistance effect OTMR head, wherein there is no doubt that the enhancement of the performance of a TMR head is excellent, specially that the TMR head is excellent in corrosion resistance, a reduction in the rate of change of a TMR is little, an output from the head is high and the effect head can be applied to an ultrahigh density record.

SOLUTION: This head is a tunnel magnetoresistance effect head 1 having a tunnel multilayer film 3 formed by laminating a tunnel barrier layer 30 and ferromagnetic free and pinto layers 20 and 30 formed in such a way as to hold the layer 30 between them. The above layer 20 has integrally the major part, of the layer 20 which substantially constitutes one part of the film 3, and a front flux guide part 23 and a back flux guide part which are respectively provided extendedly in the front and the rear of this major part of the layer 20. The above guide part 23 constitutes one part of an ABS (air bearing surface) and the above layer 20 is constituted so that the widthwise length L_m of the major part of the layer 20 is set longer than the widthwise length L_f of the guide part 23 and the widthwise length L_b of the back flux guide part.

COPYRIGHT: (C) 2001, JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2001-15826
(P2001-15826A)

(43) 公開日 平成13年1月19日 (2001.1.19)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード* (参考)
H 0 1 L 43/08		H 0 1 L 43/08	Z 5 D 0 3 4
G 1 1 B 5/39		G 1 1 B 5/39	

審査請求 未請求 請求項の数18 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願平11-188472

(22) 出願日 平成11年7月2日 (1999.7.2)

(71) 出願人 000003067

ティーディーケイ株式会社
東京都中央区日本橋1丁目13番1号

(72) 発明者 レドン オリビエ

東京都中央区日本橋一丁目13番1号 ティーディーケイ株式会社内

(72) 発明者 島沢 幸司

東京都中央区日本橋一丁目13番1号 ティーディーケイ株式会社内

(74) 代理人 100098006

弁理士 皿田 秀夫 (外1名)

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 トンネル磁気抵抗効果型ヘッド

(57) 【要約】

【課題】 TMRヘッド性能の向上、特に、耐蝕性に優れることはもとより、TMR変化率の低下が少なく、ヘッド出力が大きく、超高密度記録に適用できるトンネル磁気抵抗効果ヘッドを提供する。

【解決手段】 トンネルバリア層と、トンネルバリア層を挟むようにして形成された強磁性フリー層と強磁性ピンド層が積層されたトンネル多層膜を有するトンネル磁気抵抗効果型ヘッドであって、前記強磁性フリー層は、トンネル多層膜の一部を実質的に構成するフリー層主要部と、このフリー層主要部の前後にそれぞれ延設されるフロントフラックスガイド部とバックフラックスガイド部とを一体的に有し、前記フロントフラックスガイド部は、ABS (Air Bearing Surface) の一部を構成し、前記フリー層主要部の幅方向長さ L_m は、フロントフラックスガイド部の幅方向の長さ L_f とバックフラックスガイド部の幅方向長さ L_b よりも長く設定されるように構成する。

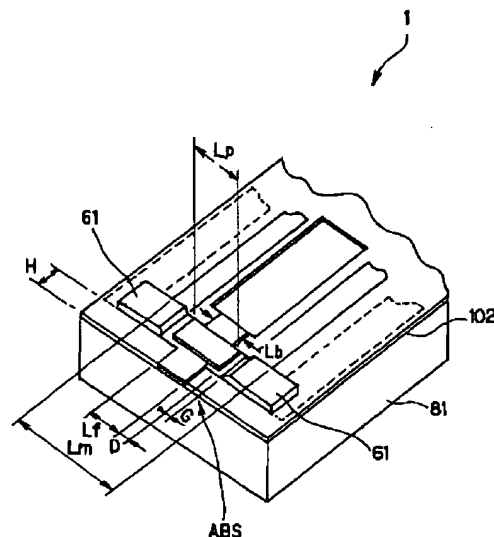


FIG.1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 トンネルバリア層と、トンネルバリア層を挟むようにして形成された強磁性フリー層と強磁性ビンド層が積層されたトンネル多層膜を有するトンネル磁気抵抗効果型ヘッドであって、

前記強磁性フリー層は、トンネル多層膜の一部を実質的に構成するフリー層主要部と、このフリー層主要部の前後にそれぞれ延設されるフロントフラックスガイド部とバックフラックスガイド部とを一体的に有し、

前記フロントフラックスガイド部は、ABS (Air Bearing Surface) の一部を構成し、

前記フリー層主要部の幅方向長さ L_m は、フロントフラックスガイド部の幅方向の長さ L_f とバックフラックスガイド部の幅方向長さ L_b よりも長く設定されてなることを特徴とするトンネル磁気抵抗効果型ヘッド。

【請求項2】 前記フリー層主要部の中央部分に前記トンネルバリア層および強磁性ビンド層が積層形成され実質的にトンネル多層膜が形成されてなる請求項1に記載のトンネル磁気抵抗効果型ヘッド。

【請求項3】 前記フリー層主要部の幅方向両端部にそれぞれバイアス付与手段が接続形成され、当該バイアス付与手段によって強磁性フリー層の幅方向にバイアス磁界が印加されるようになっている請求項1または請求項2に記載のトンネル磁気抵抗効果型ヘッド。

【請求項4】 前記強磁性ビンド層の幅方向長さ L_p は、フロントフラックスガイド部の幅方向の長さ L_f と等しいかあるいは L_f よりも大きく、かつ前記フリー層主要部の幅方向長さ L_m よりも小さく設定されており、前記強磁性ビンド層のフロントフラックスガイド部の幅方向端部よりも余分に突出した長さ D ($D = (L_p - L_f) / 2$) は、 $0 \leq D \leq 0.15 \mu\text{m}$ である請求項1ないし請求項3のいずれかに記載のトンネル磁気抵抗効果型ヘッド。

【請求項5】 前記強磁性ビンド層の幅方向長さ L_p は、フロントフラックスガイド部の幅方向長さ L_f よりも大きく、かつ前記フリー層主要部の幅方向長さ L_m よりも小さく設定されており、

前記強磁性ビンド層のフロントフラックスガイド部の幅方向端部よりも余分に突出した長さ D ($D = (L_p - L_f) / 2$) は、 $0 < D \leq 0.15 \mu\text{m}$ である請求項1ないし請求項3のいずれかに記載のトンネル磁気抵抗効果型ヘッド。

【請求項6】 前記強磁性ビンド層の幅方向長さ L_p は、フロントフラックスガイド部の幅方向長さ L_f よりも大きく、かつ前記フリー層主要部の幅方向長さ L_m よりも小さく設定されており、

前記強磁性ビンド層のフロントフラックスガイド部の幅方向端部よりも余分に突出した長さ D ($D = (L_p - L_f) / 2$) は、 $0.05 \mu\text{m} \leq D \leq 0.15 \mu\text{m}$ である請求項1ないし請求項3のいずれかに記載のトンネル

磁気抵抗効果型ヘッド。

【請求項7】 前記フロントフラックスガイド部の奥行き (ABSに垂直方向) 長さ H が、 $0.01 \sim 0.3 \mu\text{m}$ である請求項1ないし請求項6のいずれかに記載のトンネル磁気抵抗効果型ヘッド。

【請求項8】 前記トンネル多層膜は、当該トンネル多層膜を積層方向に挟むように対向配置された一対の電極と電氣的に接合されてなる請求項1ないし請求項7のいずれかに記載のトンネル磁気抵抗効果型ヘッド。

【請求項9】 前記一対の電極は、それぞれ、前記トンネル多層膜の幅方向に伸びるフロント電極部分と、フロント電極部分の両端からそれぞれ奥行き (ABSに垂直方向) 伸びるサイド電極部分を一体的に備える形状をなし、実質的に構成される4本のサイド電極部分で電流および電圧の4ターミナル測定が行える形状を備えてなる請求項8に記載のトンネル磁気抵抗効果型ヘッド。

【請求項10】 前記一対の電極を挟むように一対のシールド層が対向配置され、

前記強磁性フリー層のバックフラックスガイドの後端部は、少なくとも一方のシールド層に接続されてなる請求項8または請求項9に記載のトンネル磁気抵抗効果型ヘッド。

【請求項11】 前記強磁性フリー層のフリー層主要部の幅方向両端部にそれぞれ接続配置されるバイアス付与手段は、フリー層主要部の幅方向両端部の上または下に接触して形成され、かつ前記強磁性ビンド層の幅方向端部から一定のスペース G を確保して形成されてなる請求項3ないし請求項10のいずれかに記載のトンネル磁気抵抗効果型ヘッド。

【請求項12】 前記一定のスペース G は、 $0.02 \mu\text{m}$ 以上である請求項11に記載のトンネル磁気抵抗効果型ヘッド。

【請求項13】 前記一定のスペース G は、 $0.02 \mu\text{m}$ 以上 $0.3 \mu\text{m}$ 以下である請求項11に記載のトンネル磁気抵抗効果型ヘッド。

【請求項14】 前記一定のスペース G は、 $0.02 \mu\text{m}$ 以上 $0.15 \mu\text{m}$ 未満である請求項11に記載のトンネル磁気抵抗効果型ヘッド。

【請求項15】 前記強磁性フリー層の厚さは、 $20 \sim 500 \text{\AA}$ の範囲に設定される請求項1ないし請求項14のいずれかに記載のトンネル磁気抵抗効果型ヘッド。

【請求項16】 前記強磁性フリー層は、合成フェリ磁石 (synthetic ferrimagnet) である請求項1ないし請求項15のいずれかに記載のトンネル磁気抵抗効果型ヘッド。

【請求項17】 前記バイアス手段は、高保磁力材料もしくは反強磁性材料、または反強磁性層と1ないし幾層かの強磁性層との積層体から構成される請求項1ないし請求項16のいずれかに記載のトンネル磁気抵抗効果型ヘッド。

【請求項18】 前記強磁性ビンド層の磁化をピンニングするためのピン止め層が、前記強磁性ビンド層のトンネルバリア層と接する側と反対の面に積層されてなる請求項1ないし請求項17のいずれかに記載のトンネル磁気抵抗効果型ヘッド。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、磁気記録媒体等の磁界強度を信号として読み取るためのトンネル磁気抵抗効果型ヘッド (Magnetoresistive tunnel Junction head) に関する。特に、超高密度記録に適用できるように新規な強磁性フリー層の構造を有するトンネル磁気抵抗効果ヘッドに関する。

【0002】

【従来の技術】異方性磁気抵抗 (Anisotropic Magnetoresistance: AMR) 効果あるいはスピバルブ (Spin-Valve: SV) 効果に基づくMRセンサは、磁気記録の読み出しトランスデューサとして良く知られている。MRセンサは、磁気材料からなる読み出し部の抵抗変化で、記録媒体に記録された信号の変化を検出することができる。AMRセンサの抵抗変化率 $\Delta R/R$ は低く、1~3%程度である。これに対して、SVセンサの抵抗変化率 $\Delta R/R$ は2~7%程度と高い。このようにより高い感度を示すSV磁気読み出しヘッドは、AMR読み出しヘッドに取って代わり、非常に高い記録密度、例えば、数ギガビット/インチ² (Gbits/in²) の記録密度の読み出しを可能としている。

【0003】近年、さらに超高密度記録に対応できる可能性を秘めた新しいMRセンサが、注目を浴びている。すなわち、トンネル磁気抵抗効果接合 (Magnetoresistive tunnel Junctions: MRTJあるいはTMRとも呼ばれ、これらは同義である) においては、12%以上の抵抗変化率 $\Delta R/R$ を示すことが報告されている。このようなTMRセンサは、SVセンサに代わる次世代のセンサとして期待されているものの、磁気ヘッドへの応用はまだ始まったばかりであり、当面の課題の一つとしてTMR特性を最大限生かせる新規なヘッド構造の開発が挙げられる。すなわち、TMRセンサそのものが、積層膜の厚さ方向に電流を流す、いわゆるCPP (Current Perpendicular to the Plane) 幾何学的構造をとるために従来提案されていない新しいヘッド構造の設計 (design) が要求されている。

【0004】ところで、すでに実用化の目処が立っているSVセンサに関しては、例えばU.S.P. 5,159,513に記載されているように、2つの強磁性層が一つの非磁性層を介して形成されている構造を有する。交換層 (FeMn) は、さらに一つの強磁性層に隣接して形成される。交換層とこれに隣接して形成される強磁性層は、交換結合され、強磁性層の磁化は、一方向に強くピン止めされる。この一方で、他の強磁性層における磁化は、小さな

外部磁場に応答して自由に回転することができるようになっている。そして、2つの強磁性層の磁化が平行から反平行に変化する時、センサの抵抗は増大して、抵抗変化率 $\Delta R/R$ は2~7%程度となる。

【0005】このようなSVセンサ構造とTMRセンサ構造を比べた場合、TMRセンサ構造は、SVセンサ構造の非磁性金属層を絶縁層であるトンネルバリア層に置き換えた点、およびセンス電流を強磁性層の膜面に垂直方法に流す点、を除いては、極めて類似の構造を取っている。TMRセンサにおいて、トンネルバリア層を介して流れるセンス電流は、2つの強磁性層のスピン分極状態に左右され、2つの強磁性層の磁化が反平行の場合、トンネル電流の確率は低くなり、高い接合抵抗 (high junction resistance) が得られる。これとは反対に、2つの強磁性層の磁化が平行の場合、トンネル電流の確率は高くなり、低い接合抵抗 (low junction resistance) が得られる。

【0006】TMRセンサ (素子) を磁気ヘッド構造に応用した従来例が、U.S.P. 5,729,410、U.S.P. 5,898,547、U.S.P. 5,898,548、U.S.P. 5,901,018などに記載されている。これらの公報では、主として超高密度記録に対応できるように技術的な改善が提案されている。しかしながら、超高密度記録に対するTMR磁気ヘッドの開発要求は、より高度なものとなり、従来にも増して高性能であるTMR磁気ヘッドの提案が待ち望まれている。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】本発明はこのような実状のものに創案されたものであって、その目的は、TMRヘッド性能の向上、特に、耐蝕性に優れることはもとより、TMR変化率の低下が少なく、ヘッド出力が大きく、超高密度記録に適用できるトンネル磁気抵抗効果ヘッドを提供することにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】このような課題を解決するために、本発明は、トンネルバリア層と、トンネルバリア層を挟むようにして形成された強磁性フリー層と強磁性ビンド層が積層されたトンネル多層膜を有するトンネル磁気抵抗効果型ヘッドであって、前記強磁性フリー層は、トンネル多層膜の一部を実質的に構成するフリー層主要部と、このフリー層主要部の前後にそれぞれ延設されるフロントフラックスガイド部とバックフラックスガイド部とを一体的に有し、前記フロントフラックスガイド部は、ABS (Air Bearing Surface) の一部を構成し、前記フリー層主要部の幅方向長さ L_m は、フロントフラックスガイド部の幅方向の長さ L_f とバックフラックスガイド部の幅方向長さ L_b よりも長く設定されるように構成される。

【0009】また、本発明の好ましい態様として、前記フリー層主要部の中央部分に前記トンネルバリア層および強磁性ビンド層が積層形成され、実質的にトンネル多

層膜が形成されてなるように構成される。

【0010】また、本発明の好ましい態様として、前記フリー層主要部の幅方向両端部にそれぞれバイアス付与手段が接続形成され、当該バイアス付与手段によって強磁性フリー層の幅方向にバイアス磁界が印加されるように構成される。

【0011】また、本発明の好ましい態様として、前記強磁性ビンド層の幅方向長さ L_p は、フロントフラックスガイド部の幅方向の長さ L_f と等しいかあるいは L_f よりも大きく、かつ前記フリー層主要部の幅方向長さ L_m よりも小さく設定されており、前記強磁性ビンド層のフロントフラックスガイド部の幅方向端部よりも余分に突出した長さ D ($D = (L_p - L_f) / 2$) は、 $0 \leq D \leq 0.15 \mu m$ となるように構成される。

【0012】また、本発明の好ましい態様として、前記強磁性ビンド層の幅方向長さ L_p は、フロントフラックスガイド部の幅方向長さ L_f よりも大きく、かつ前記フリー層主要部の幅方向長さ L_m よりも小さく設定されており、前記強磁性ビンド層のフロントフラックスガイド部の幅方向端部よりも余分に突出した長さ D ($D = (L_p - L_f) / 2$) は、 $0 < D \leq 0.15 \mu m$ となるように構成される。

【0013】また、本発明の好ましい態様として、前記強磁性ビンド層の幅方向長さ L_p は、フロントフラックスガイド部の幅方向長さ L_f よりも大きく、かつ前記フリー層主要部の幅方向長さ L_m よりも小さく設定されており、前記強磁性ビンド層のフロントフラックスガイド部の幅方向端部よりも余分に突出した長さ D ($D = (L_p - L_f) / 2$) は、 $0.05 \mu m \leq D \leq 0.15 \mu m$ となるように構成される。

【0014】また、本発明の好ましい態様として、前記フロントフラックスガイド部の奥行き (ABSに垂直方向) 長さ H は、 $0.01 \sim 0.3 \mu m$ となるように構成される。

【0015】また、本発明の好ましい態様として、前記トンネル多層膜は、当該トンネル多層膜を積層方向に挟むように対向配置された一对の電極と電気的に接合されてなるように構成される。

【0016】また、本発明の好ましい態様として、前記一对の電極は、それぞれ、前記トンネル多層膜の幅方向に伸びるフロント電極部分と、フロント電極部分の両端からそれぞれ奥行き (ABSに垂直方向) 伸びるサイド電極部分を一体的に備える形状をなし、実質的に構成される4本のサイド電極部分で電流および電圧の4ターミナル測定が行える形状を備えてなるように構成される。

【0017】また、本発明の好ましい態様として、前記一对の電極を挟むように一对のシールド層が対向配置され、前記強磁性フリー層のバックフラックスガイドの後端部は、少なくとも一方のシールド層に接続されてなるように構成される。

【0018】また、本発明の好ましい態様として、前記強磁性フリー層のフリー層主要部の幅方向両端部にそれぞれ接続配置されるバイアス付与手段は、フリー層主要部の幅方向両端部の上または下に接触して形成され、かつ前記強磁性ビンド層の幅方向端部から一定のスペース G を確保して形成されてなるように構成される。

【0019】また、本発明の好ましい態様として、前記一定のスペース G は、 $0.02 \mu m$ 以上となるように構成される。

【0020】また、本発明の好ましい態様として、前記一定のスペース G は、 $0.02 \mu m$ 以上 $0.3 \mu m$ 以下となるように構成される。

【0021】また、本発明の好ましい態様として、前記一定のスペース G は、 $0.02 \mu m$ 以上 $0.15 \mu m$ 未満となるように構成される。

【0022】また、本発明の好ましい態様として、前記強磁性フリー層の厚さは、 $20 \sim 500 \text{ \AA}$ の範囲に設定されるように構成される。

【0023】また、本発明の好ましい態様として、前記強磁性フリー層は、合成フェリ磁石 (synthetic ferrimagnet) であるように構成される。

【0024】また、本発明の好ましい態様として、前記バイアス手段は、高保磁力材料もしくは反強磁性材料、または反強磁性層と1ないし幾層かの強磁性層との積層体から構成される。

【0025】また、本発明の好ましい態様として、前記強磁性ビンド層の磁化をピンニングするためのピン止め層が、前記強磁性ビンド層のトンネルバリア層と接する側と反対の面に積層されてなるように構成される。

【0026】

【発明の実施の形態】以下、本発明の具体的実施の形態について詳細に説明する。

【0027】図1は、本発明のトンネル磁気抵抗効果型ヘッド1 (以下、単に「TMRヘッド1」と称す) の好適な一例を示す斜視図であり、図2は図1の平面図である。これらの図1および図2におけるヘッド構造は、本発明のヘッド構造の特徴部分の理解が容易になるように、磁気ヘッドとして完全にアセンブルされたものではなく、アセンブル途中の状態であって本発明の説明に特に必要である部材を示している。図3は、図2の磁気ヘッドのI-I断面矢視図 (ただし、磁気ヘッドとしては完成された状態にある) であり、図4は図3のII-II断面矢視図である。

【0028】図1～図3に示されるABS (ABS: Air Bearing Surface) は、磁気情報である外部磁場を発する記録媒体と実質的に対向するように配置される面であり、いわゆる感磁部分を備える面に相当する。

【0029】この実施の形態において、TMRヘッド1は、特に図3および図4に明確に示されているようにスピントンネル磁気抵抗効果を示すトンネル多層膜3を備

えている。すなわち、トンネル多層膜3は、トンネルバリア層30と、トンネルバリア層30を挟むようにして形成された強磁性フリー層20と強磁性ビンド層40が積層された多層膜構造を有している。強磁性フリー層20は、基本的に磁気情報である外部磁場に応答して自由(フリー)に磁化の向きが変えられるように作用する。また、強磁性ビンド層40は、その磁化方向が、すべて一定方向を向くようにピン止めされている(図4の場合、ピン止めされる磁化の方向は紙面の奥行き方向)。そのため、通常、図1に示されるように強磁性ビンド層40の磁化をピンニングするためのピン止め層50が、前記強磁性ビンド層40のトンネルバリア層30と接する側と反対の面に積層される。

【0030】本発明に用いられる強磁性フリー層20は、図2に示されるようにトンネル多層膜3の一部を実質的に構成するフリー層主要部22と、このフリー層主要部22の前後(ABS側が前)にそれぞれ延設されるフロントフラックスガイド部21とバックフラックスガイド部23とを一体的に有し、全体形状としては、いわゆる十字形状をなしている。この形態をより分かり易くするために図2の状態から強磁性フリー層20のみをピックアップした平面図が図10に示される。

【0031】図2および図10に示されるように、フロントフラックスガイド部21は、その先端部21aがABS(Air Bearing Surface)の一部を構成している。そして、フリー層主要部22の幅方向(以下、矢印 (α) - (α) 方向を示す)長さ L_m は、フロントフラックスガイド部21の幅方向の長さ L_f およびバックフラックスガイド部23の幅方向長さ L_b よりも長く設定されている。そして、フリー層主要部22の中央部分に前記トンネルバリア層30および強磁性ビンド層40、さらにはピン止め層50が順次積層形成され実質的にトンネル多層膜3が形成される。さらに、フリー層主要部22の幅方向両端部には、それぞれバイアス付与手段61、61が接続形成され、当該バイアス付与手段61、61によって強磁性フリー層20(特にフリー層主要部22)の幅方向にバイアス磁界が印加されるようになっている。

【0032】フリー層主要部22の上部に形成される強磁性ビンド層40の幅方向長さ L_p は、フロントフラックスガイド部21の幅方向の長さ L_f と等しいかあるいは L_f よりも大きく、かつ前記フリー層主要部22の幅方向長さ L_m よりも小さく設定されている。そして、強磁性ビンド層40の、フロントフラックスガイド部21の両端部よりも幅方向に余分に突出した長さを D ($D = (L_p - L_f) / 2$)とすると、この D の値は、 $0 \leq D \leq 0.15 \mu\text{m}$ 、好ましくは $0 < D \leq 0.15 \mu\text{m}$ 、より好ましくは、 $0.05 \mu\text{m} \leq D \leq 0.15 \mu\text{m}$ に設定される。この D 値が、 $0 \mu\text{m}$ 未満となると、接合抵抗が増大してしまい、さらには流入する信号磁束を100%捕

らえられなくなり、ヘッド出力が低下する傾向が生じる。この一方で、 D 値が $0.15 \mu\text{m}$ を超えると、流入する信号磁束に対して必要以上に接合面積が増大するため、磁界ヘッド出力が低下する傾向が生じてしまう。

【0033】なお、本発明におけるフリー層主要部22の幅方向長さ L_m は、 $0.5 \sim 4 \mu\text{m}$ 程度、フロントフラックスガイド部21の幅方向の長さ L_f は、 $0.1 \sim 2 \mu\text{m}$ 程度、バックフラックスガイド部23の幅方向長さ L_b は、 $0.1 \sim 3 \mu\text{m}$ 程度とされる。

【0034】さらに、図1、図2および図10に示されるフロントフラックスガイド部21の奥行き(ABSに垂直方向)長さ H は、 $0.01 \sim 0.3 \mu\text{m}$ 、好ましくは、 $0.01 \sim 0.2 \mu\text{m}$ 、さらに好ましくは、 $0.01 \sim 0.1 \mu\text{m}$ に設定される。この H 値は限りなく0に近い方がよいが、小さくなるにつれ、静電破壊(Electro-Static Discharges :ESD)の危険性が生じたり、あるいは研磨工程(ラッピング工程)における、フリー層20とビンド層40との電氣的ショート(短絡)の危険性が生じる。従って、下限値は、 $0.01 \mu\text{m}$ 程度とするのがよい。一方、この H 値が、 $0.3 \mu\text{m}$ を超えると、ヘッド出力が低下したり、幅方向のバイアス磁界が不充分となりバルクハウゼンノイズが生じたりしてしまう。

【0035】図3および図4に示されるようにトンネル多層膜3の積層方向の上下には、当該多層膜3を挟むように一対の電極111、115が対向配置され、トンネル多層膜3と電氣的に接合される。この一対の電極111、115によりトンネル多層膜3にセンス電流が流される。

【0036】一対の電極111、115は、本実施形態において、それぞれ、コの字形状をしている。すなわち、図2～図4に示されるように、前記トンネル多層膜3の幅方向に伸びるフロント電極部分111a、115a(図3および図4に示される部分であり、図2において、フロント電極部分111aはトンネル多層膜3の下側に位置しており、この一方でフロント電極部分115aはトンネル多層膜3の上側に位置するために現れていない)と、フロント電極部分111a、115aの両端からそれぞれ奥行き(ABSに垂直方向)伸びるサイド電極部分111b、111bおよび115b、115bをそれぞれ一体的に備える形状をなしている。このように、実質的に構成される4本のサイド電極部分111b、111bおよび115b、115bによって電流および電圧の4ターミナル測定が行える形状を備えている。4ターミナル測定が行えるデザインとすることにより、より高いTMR変化率が得られ、さらにはノイズを減らせることができる。

【0037】このような一対の電極111、115は図3および図4に示されるように、一対の絶縁層101、105で覆われ、さらにこれらをそれぞれ覆うように一対の(磁気)シールド層81、85が対向配置される。

そして、前述した強磁性フリー層20のバックフラックスガイド23の後端部は、少なくとも一方のシールド層85に接続されてなるように構成することが好ましい(図3)。これにより、信号磁界の感磁効率が増大し、ヘッド出力が増大するというメリットが生じる。

【0038】本発明における前記強磁性フリー層20は、図3に示されるようにその幅方向(矢印(α)) - (α)方向:紙面の左右方向)両端部にそれぞれ積層され接続配置されたバイアス付与手段61、61によって、強磁性フリー層20の幅方向にバイアス磁界が印加されるようになっている。すなわち、強磁性フリー層20のフリー層主要部22の幅方向長さ L_m は、前記強磁性ピン層40の幅方向長さ L_p よりも大きく設定されており、フリー層主要部22は、その長さ L_m が強磁性ピン層40の長さ L_p よりも長い分だけ、その両端部に、拡張部位をそれぞれ備えた形態となっている。

【0039】このようなフリー層主要部22の両端の拡張部位に、バイアス付与手段61、61が積層状態で接続される。バイアス付与手段61、61が積層された部分は、フリー層主要部22の拡張部位と交換結合され、磁化方向は矢印(α)方向に固着される。バイアス付与手段61、61は、それぞれ、図1および図2に示されるように前記強磁性ピン層40の幅方向両端部からそれぞれ一定のスペースGを確保して形成されている。

【0040】このような一定のスペースGは、ヘッドの設計仕様を決定する際に、TMR変化率を実質的に低下させないようにするために所定範囲に定めることが望ましい。具体的数値は、ヘッド仕様、例えば、用いる構成部材の材質や、寸法設定等により適宜設定することが望ましい。特に、より好ましい態様として実験的に見出された数値を挙げると、前記一定のスペースGは、0.02 μ m以上、特に、0.02 μ m以上0.3 μ m以下の範囲、さらには0.02 μ m以上0.15 μ m未満の範囲(0.15 μ mを含まない)とすることが好ましい。

【0041】このGの値が、0.02 μ m未満となると、TMR変化率が低下する傾向にある。この一方で、このG値が大きくなり過ぎて、0.3 μ mを超えると、有効トラック幅が広がってしまい高記録密度化への将来の要求に合致しなくなる傾向が生じる。

【0042】また、本発明における前記強磁性フリー層20の厚さは、特に限定されないが、20~500Å、好ましくは、40~300Å、より好ましくは60~200Åの範囲に設定するのがよい。この厚さが、20Å未満となると、前記フリー層主要部22の幅方向の長さ L_m を十分な大きさとすることが成膜技術上、困難になる。また、この厚さが500Åを超えると、強磁性フリー層内部の特性のばらつきにより、電子分極率の分散が生じ、結果的にTMR変化率が減少してしまうという不都合が生じる。

【0043】強磁性フリー層20や強磁性ピン層40を構成する材質は、高いTMR変化率が得られるように高スピン分極材料が好ましく、例えば、Fe、Co、Ni、FeCo、NiFe、CoZrNb、FeCoNi等が用いられる。これらは2層以上の積層体であってもよい。強磁性フリー層20の膜厚は、前述したように20~500Å、好ましくは60~200Åとされる。膜厚が厚くなりすぎると、ヘッド動作時の出力が低下する傾向があり、また、膜厚が薄くなりすぎると、磁気特性が不安定となりヘッド動作時のノイズが増大するという不都合が生じる。強磁性ピン層40の膜厚は、10~100Å、好ましくは20~50Åとされる。膜厚が厚くなりすぎると、ピン止め層50による磁化のピンニングが弱まり、また、膜厚が薄くなりすぎると、TMR変化率が減少する傾向が生じる。

【0044】強磁性ピン層40の磁化をピン止めするピン止め層50は、そのピン止め機能を果たすものであれば、特に限定されないが、通常、反強磁性材料が用いられる。厚さは、通常、60~200Å程度とされる。

【0045】ここで、強磁性トンネル磁気抵抗効果について簡単に説明しておく。強磁性トンネル磁気抵抗効果とは、トンネルバリア層30を挟む一対の強磁性層20、40間の積層方向に電流を流す場合に、両方の強磁性層20、40間における互いの磁化の相対角度に依存してトンネルバリア層を流れるトンネル電流が変化する現象をいう。この場合のトンネルバリア層30は、薄い絶縁膜であって、トンネル磁気抵抗効果によりスピンを保存しながら電子が通過できるものである。両強磁性層20、40間における互いの磁化が平行である場合(あるいは互いの磁化の相対角度が小さい場合)、電子のトンネル確率は高くなるので、両者間に流れる電流の抵抗は小さくなる。これとは逆に、両強磁性層20、40間における互いの磁化が反平行である場合(あるいは互いの磁化の相対角度が大きい場合)、電子のトンネル確率は低くなるので、両者間に流れる電流の抵抗は大きくなる。このような磁化の相対角度の変化に基づく抵抗変化を利用して、例えば外部磁場の検出動作が行われる。

【0046】2つの強磁性層20、40によって挟まれるトンネルバリア層30は、Al₂O₃、NiO、GdO、MgO、Ta₂O₅、MoO₂、TiO₂、WO₂等から構成される。トンネルバリア層30の厚さは、素子の低抵抗化のためできるだけ薄いことが望ましいが、あまり薄すぎてピンホールが生じるとリーク電流がながれてしまい好ましくない。一般には、5~20Å程度とされる。

【0047】本発明において、強磁性フリー層20を、例えば、NiFe層(厚さ20Å)/Ru層(厚さ7Å)/NiFe層(厚さ25Å)の3層積層体で例示される合成フェリ磁石(synthetic ferrimagnet)とすることも好ましい態様の一つである。この場合には、上下の

NiFe層およびNiFe層の磁化方向はそれぞれ、互いに逆方向となっている。合成フェリ磁石を用いた場合、実効的なフリー層の厚さを薄く設定することができるため、磁場感度が向上し、ヘッド出力が大きくなるというメリットがある。また、このような合成フェリ磁石は、前記強磁性ビンド層40にも適用できる。

【0048】また、上記の実施の形態において、バイアス付与手段61、61は、強磁性フリー層20の両端部の上側に配置されているが、これに限定されることなく下側に配置してもよい。

【0049】次いで、上述してきた本発明の磁気ヘッドの基本的な製造方法を図5～図8を参照しつつ簡単に説明する。図5(A)は、図2のI-I断面矢視方向から見た図に類する断面図であり、図5(B)は、図5(A)のIII-III断面矢視図である。図6(A)は、図2のI-I断面矢視方向から見た図に類する断面図であり、図6(B)は、図6(A)のIV-IV断面矢視図である。図7(A)は、図2のI-I断面矢視方向から見た図に類する断面図であり、図7(B)は、図7(A)のV-V断面矢視図である。図8(A)は、図2のI-I断面矢視方向から見た図に類する断面図であり、図8(B)は、図8(A)のVI-VI断面矢視図である。磁気ヘッドの製造に際しては、フォトリソ法、イオンミリング、リフトオフ、スパッタ成膜法等の公知の種々の薄膜パターン形成技術が用いられるが、ここでは個別的な詳細手法の説明は省略する。

【0050】まず最初に、図5(A)、(B)に示されるようにシールド層81の上に所定の電極形成用の凹部パターンが形成され、その後、絶縁層101が成膜される。次いで所定の電極形成用の凹部パターンに電極部材

【0051】次いで、図6(A)、(B)に示されるように、強磁性フリー層20、トンネルバリア層30、強磁性ビンド層40、ピン止め層50が順次積層される。

【0052】次いで、図7(A)、(B)に示されるように、強磁性フリー層20、トンネルバリア層30、強磁性ビンド層40、ピン止め層50は所定の形状および寸法に成形され、強磁性フリー層20の幅方向両端には、それぞれバイアス付与手段61、61が形成される。

【0053】次いで、図8(A)、(B)に示されるように、絶縁層109が形成され、さらにこの上に電極115が所定パターンに形成され、この電極115の上に絶縁層105が形成される。さらに、絶縁層105の上に、シールド層85が形成され、図3および図4の状態に至る。

【0054】上記のごとく磁気ヘッドの形態が完成した後、さらにピンアニール工程が行なわれる。すなわち、適当な磁場中でクールダウンさせながらピン止め層50による強磁性ビンド層40の磁化のピン止めが行なわれる。最後に、バイアス付与手段61による強磁性フ

リー層20へのバイアス付与操作（例えば、その一例としてピンニング操作）が行われる。

【0055】図9(A)、(B)には、図1に示されるTMR磁気ヘッド1構造の変形例が示される。図9(A)は、図4と同様な断面に相当する図面であり、図9(B)は図9(A)のVII-VII断面矢視図である。図9(A)、(B)に示されるTMR磁気ヘッド2の構造が、図1に示されるそれと基本的に異なる点は、前記トンネル多層膜3の積層方向の両側には、トンネル多層膜3にセンス電流をながすための電極と磁気シールドの両方の機能を果たす、電極-シールド兼用層(common lead and shield layer)82、86が、それぞれ、電気的に接合(electrical contact)されている点にある。このような電極-シールド兼用層(common lead and shield layer)82、86を用いることにより、リードギャップは大幅に縮小でき、さらに、トンネル多層膜中の不均一な電流の流れを容易に防止することができる。

【0056】このような電極-シールド兼用層(common lead and shield layer)82、86は、NiFe(パーマロイ)、センダスト、CoFe、CoFeNiから構成される。このような電極-シールド兼用層(common lead and shield layer)82、86にセンス用の電流が流れ、これらの層82、86に電気的に接合されているトンネル多層膜3の積層方向にセンス電流が流れるようになっている。

【0057】このような電極-シールド兼用層82、86は、直接、トンネル多層膜3と接触するように形成されてもよいし、あるいは図9の実施の形態に示されるように、非磁性かつ導電性のあるギャップ層102を介して電極-シールド兼用層82とトンネル多層膜3とを電気的に接合するようにしてもよい(片側のみギャップ層102が介在される)。ギャップ層を設けずに直接に接合する場合には、シールド-シールド間距離を限界にまで短くすることができ、高密度記録化に大きな貢献ができるというメリットがある。この一方で、ギャップ層を介して間接的に接合する場合には、電極-シールド兼用層側への磁気リークをより一層確実に防止することができるというメリットがある。

【0058】前記ギャップ層102は、Cu、Al、Au、Ta、Rh、Cr、In、Ir、Mg、Ru、W、Znあるいはこれらとの合金から構成され、当該ギャップ層102は、特に、シールド-シールド間距離の調整およびTMR多層膜位置の調整という機能や、トンネル電流が不均一になるのを防止するという機能を果たす。ギャップ層102の膜厚は、50～700Å程度とされる。なお、図9における符号106はアルミナ等からなる絶縁層を示している。

【0059】

【実施例】上述してきたトンネル磁気抵抗効果型ヘッドの発明を、以下に示す具体的実施例によりさらに詳細に

説明する。

【0060】(実験例I)

【0061】図1～図4に示されるヘッド構造と実質的に同様な構造を有するトンネル磁気抵抗効果型ヘッドのサンプルを作製した。すなわち、NiFe(厚さ100Å)とCo(厚さ20Å)の2層積層体からなる強磁性フリー層20、トンネルバリア層30(酸化アルミニウム;厚さ12Å)、磁化方向が検出磁界方向にピン固定された強磁性ビンド層40(Co;厚さ30Å)、強磁性層40の磁化をピンニングするためのピン止め層50(RuRhMn;厚さ100Å)からなるトンネル多層膜3を備える磁気ヘッドサンプルを作製した。

【0062】強磁性フリー層20は、いわゆる本発明の要件を満たす十字形状に形成した。すなわち、強磁性フリー層20は、トンネル多層膜の一部を実質的に構成するフリー層主要部22と、このフリー層主要部22の前後にそれぞれ延設されるフロントフラックスガイド部21とバックフラックスガイド部23とを一体的に有する形状とした。もちろん、フロントフラックスガイド部21は、ABS(Air Bearing Surface)の一部を構成するように形成した。

【0063】フリー層主要部22の幅方向長さ L_m は、 $2.5\mu\text{m}$ 、フロントフラックスガイド部21の幅方向の長さ L_f は、 $0.5\mu\text{m}$ 、バックフラックスガイド部23の幅方向長さ L_b は、 $0.7\mu\text{m}$ とした。前記強磁性ビンド層40の幅方向長さ L_p は、 $0.7\mu\text{m}$ に設定してフロントフラックスガイド部の幅方向の長さ L_f よりも大きくした。また、強磁性ビンド層40のフロントフラックスガイド部21より余分に突出した長さ D ($D = (L_p - L_f) / 2$)は、 $0.1\mu\text{m}$ とした。また、フロントフラックスガイド部21の奥行き(ABSに垂直方向)長さ H は、 $0.05\mu\text{m}$ とした。

【0064】トンネル多層膜3に電流を流すための電極111, 115はTa(厚さ300Å)から構成し、磁気シールド層81, 85はパーマロイから構成した。ただし、当該実験においては、バックフラックスガイド部23の後端は、磁気シールド層81, 85と接合させなかった(この点、以下実験例II～実験例IIIも同様とした)。

【0065】強磁性フリー層20(特に、フリー層主要部22)の幅方向両端部の上には、それぞれバイアス付与手段として、CoPtからなるパーマネントマグネット61, 61がオーバーラッピングされ、当該バイアス付与手段61, 61によって、強磁性フリー層20(特に、フリー層主要部22)の幅方向にバイアス磁界(例えば矢印(α)方向)を印加した。このオーバーラッピングされた部分の接合距離は、 $0.88\mu\text{m}$ とし、スペース値 G は、 $0.02\mu\text{m}$ とした。

【0066】なお、絶縁層101, 105および109の形態は図1～図4に示される形態と同じにして、アルミナ材料から形成した。以上の構成で形成されたサンプルを本発明サンプルI-1とした。

【0067】また、このような本発明サンプルI-1との性能比較のため、比較サンプルI-1として、強磁性フリー層の形状を矩形にしたサンプルを作製した。すなわち、 $L_m = L_f = L_b$ は、 $0.5\mu\text{m}$ とした。前記強磁性ビンド層40の幅方向長さ L_p は、 $0.7\mu\text{m}$ に設定してフロントフラックスガイド部の幅方向の長さ L_f よりも大きくした。また、この比較例では D は、存在せず、 H に類する数値として、ABSから強磁性ビンド層40の先端部(ABSに近い側)までの距離を、上記 H と同じ距離である $0.05\mu\text{m}$ とした。

【0068】上記本発明サンプルI-1および比較サンプルI-1のTMRヘッドを用いて下記の要領でヘッド出力をそれぞれ測定した。

【0069】(1)ヘッド出力の測定

【0070】DPテスター(Dynamic Performance Tester)を用いてヘッド出力を測定した。

【0071】実験の結果、本発明サンプルI-1では、 $750\mu\text{V}$ の出力が得られ、比較サンプルI-1では、 $590\mu\text{V}$ の出力が得られた。ちなみに、本発明サンプルI-1の出力は、比較サンプルI-1のその約1.27倍であった。

【0072】(実験例II)

【0073】上記実験例Iで作製した本発明サンプルI-1において、強磁性ビンド層40の幅方向長さ L_p を変えて、強磁性ビンド層40のフロントフラックスガイド部21より余分に突出した長さ D ($D = (L_p - L_f) / 2$)を種々変えたサンプルを作製し、 D 値が磁気ヘッド出力に及ぼす影響を実験的に確認した。

【0074】結果を下記表1に示した。なお、表1中には、評価項目として、上記(1)ヘッド出力に加えて、下記の要領で測定した(2)抵抗値 R および(3) S/N 比も併記した。

【0075】(2)抵抗値 R (Ω)

【0076】ヘッド全体の抵抗(HGA抵抗)より電極材料分の抵抗、および接合抵抗を抵抗を差し引いて、TMR接合部(多層膜3)の抵抗を見積もった。

【0077】(3) S/N 比(dB)

【0078】DPテスターを用い、通常の方法にてSignal to Noise ratio(S/N 比)を求めた。通常、この値は25dB以上が望ましく、20dB未満となるとヘッド動作上、問題が生じてしまう。

【0079】

【表1】

サンプル No.	D (μm)	ビンド層の大 きさ(μm^2)	R (Ω)	ヘッド出力 (μV)	S/N (dB)
I-1	0.10	0.5×0.7	119	750	33
II-1	-0.15	0.5×0.2	417.5	480	16
II-2	-0.10	0.5×0.3	278	600	20
II-3	-0.05	0.5×0.4	209	640	24
II-4	0	0.5×0.5	167	700	30
II-5	0.05	0.5×0.5	137	730	32
II-6	0.15	0.5×0.8	105	710	30
II-7	0.20	0.5×0.9	62	600	19

【0080】上記表1の結果より、所定レベルの出力が得られ、かつ大きなS/N比が得られる好適なDの値は、 $0 \leq D \leq 0.15 \mu\text{m}$ 、好ましくは $0 < D \leq 0.15 \mu\text{m}$ 、より好ましくは、 $0.05 \mu\text{m} \leq D \leq 0.15 \mu\text{m}$ であることがわかる。

【0081】(実験例III)

【0082】上記実験例Iで作製した本発明サンプルI-1において、フロントフラックスガイド部21の奥行き(ABSに垂直方向)長さHを種々変えたサンプルを20作製し、Hの値が磁気ヘッド出力に及ぼす影響を実験的に確認した。

【0083】結果を下記表2に示した。なお、表2中には、評価項目として、上記(1)ヘッド出力に加えて、下記の要領で測定した(4)バルクハウゼンノイズも併記した。

【0084】(4)バルクハウゼンノイズ

【0085】いわゆるMRヘッド、GMRヘッドの評価方法と同様な方法にてバルクハウゼンノイズを評価した。実用上差し支えないレベルを「○」で表示し、実用上問題となるレベルを「×」で表示した。30

【0086】

【表2】

表 2

サンプル No.	H (μm)	ヘッド出力 (μV)	バルクハウゼン ノイズ
I-1	0.05	750	○
III-1	0	520	○
III-2	0.01	610	○
III-3	0.10	710	○
III-4	0.15	690	○
III-5	0.20	660	○
III-6	0.25	630	○
III-7	0.30	600	○
III-8	0.35	550	×
III-9	0.4	500	×
III-10	0.5	300	×

【0087】上記表2の結果より、バルクハウゼンノイズの発生を有効に防止し、かつ大きなヘッド出力を得る*50

*ためには、前記フロントフラックスガイド部の奥行き(ABSに垂直方向)長さHを、 $0.01 \sim 0.3 \mu\text{m}$ の範囲に設定することが望ましいことがわかる。

【0088】(実験例IV)

【0089】上記実験例IIIで作製した各サンプルにおいて、バックフラックスガイド部23の後端を、磁気シールド層85と接合させた(図3)。それ以外は、上記実験例IIIと同様にして実験例IVの各サンプルを作製し、ヘッド出力への影響を調べる実験を行った。

【0090】結果を下記表3に示した。なお、表3中の括弧内に記載されているヘッド出力値は、参考までに挙げた表2のデータである。

【0091】

【表3】

表 3

サンプル No.	H (μm)	ヘッド出力(μV)	バルクハウゼン ノイズ
I-1	0.05	830 (750)	○
IV-1	0	550 (520)	○
IV-2	0.01	640 (610)	○
IV-3	0.10	810 (710)	○
IV-4	0.15	780 (690)	○
IV-5	0.20	750 (660)	○
IV-6	0.25	710 (630)	○
IV-7	0.30	670 (600)	○
IV-8	0.35	580 (550)	×
IV-9	0.4	520 (500)	×
IV-10	0.5	330 (300)	×

【0092】上記表3の結果より、バックフラックスガイド部23の後端を、磁気シールド層85と接合させた場合にはさらに出力の向上が図られることがわかる。

【0093】(実験例V)

【0094】上記実験例Iで作製した本発明サンプルにおいて、電極をシールド層と兼用したタイプ(図9)に変え、ヘッド出力を求めた。その結果、ヘッド出力は同等で同様な効果が確認できた。

【0095】

【発明の効果】上記の結果より本発明の効果は明らかである。すなわち、本発明は、トンネルバリア層と、トンネルバリア層を挟むようにして形成された強磁性フリー層と強磁性ピン層が積層されたトンネル多層膜を有するトンネル磁気抵抗効果型ヘッドであって、前記強磁性フリー層は、トンネル多層膜の一部を実質的に構成するフリー層主要部と、このフリー層主要部の前後にそれぞれ延設されるフロントフラックスガイド部とバックフラックスガイド部とを一体的に有し、前記フロントフラックスガイド部は、ABS (Air Bearing Surface) の一

【図面の簡単な説明】

【図1】図1は、本発明のトンネル磁気抵抗効果型ヘッドの好適な一例を示す斜視図である。

【図2】図2は図1の平面図である。

【図3】図3は、図2のI-I断面矢視図である。

【図4】図4は、図3のII-II断面矢視図である。

【図5】図5 (A) は、図2のI-I断面矢視方向から見た図に類する断面図であり、図5 (B) は、図5 (A) のIII-III断面矢視図である。

【図6】図6 (A) は、図2のI-I断面矢視方向から見た図に類する断面図であり、図6 (B) は、図6 (A) のIV-IV断面矢視図である。

【図7】図7 (A) は、図2のI-I断面矢視方向から見た図に類する断面図であり、図7 (B) は、図7 (A) のV-V断面矢視図である。

【図8】図8 (A) は、図2のI-I断面矢視方向から見た図に類する断面図であり、図8 (B) は、図8 (A) のVI-VI断面矢視図である。

【図9】図9 (A) , (B) は、本発明のトンネル磁気抵抗効果型ヘッドの好適な他の一例を示す断面図であり、図9 (A) は、図4に類する断面図であり、図9 (B) は、図9 (A) のVI-VI断面矢視図である。

【図10】図10は、強磁性フリー層の形状が理解し易いように、強磁性フリー層のみを現した概略平面図である。

【符号の説明】

1, 2…トンネル磁気抵抗効果型ヘッド

3…トンネル多層膜

20…強磁性フリー層

21…フロントフラックスガイド部

22…フリー層主要部

23…バックフラックスガイド部

30…トンネルバリア層

40…強磁性ピン層

50…ピン止め層

61, 61…バイアス付与手段

81, 85…(磁気) シールド層

111, 115…電極

111a, 115a…フロント電極部分

111b, 115b…サイド電極部分

【図10】

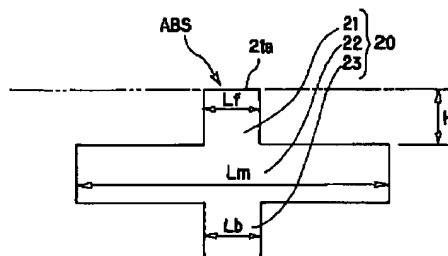


FIG.10

【図1】

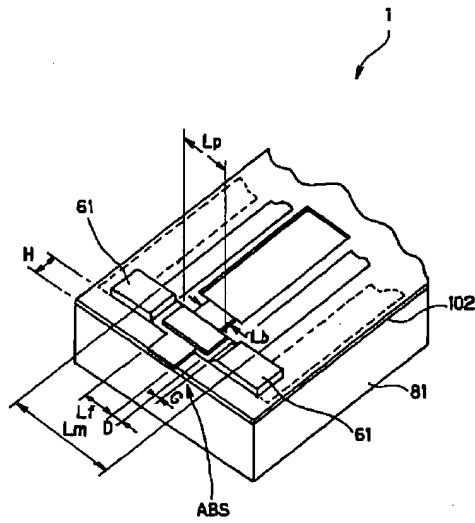


FIG.1

【図2】

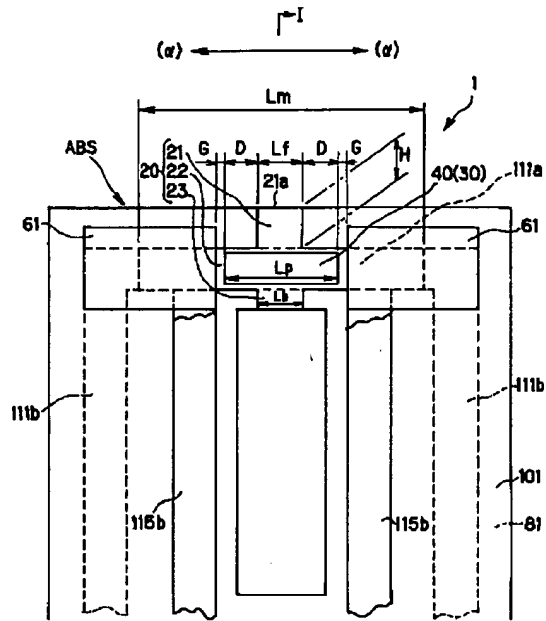


FIG.2

【図3】

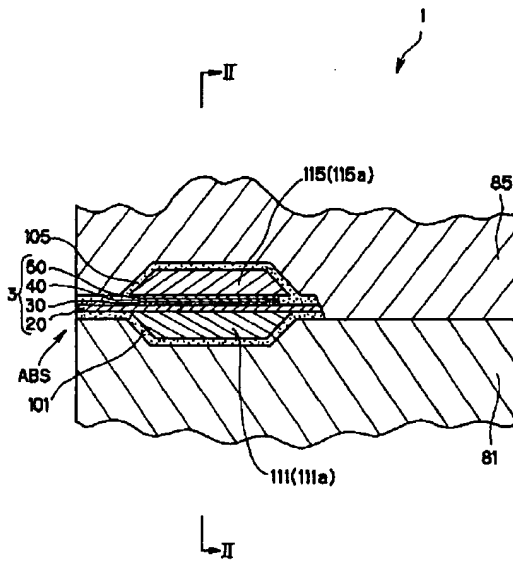
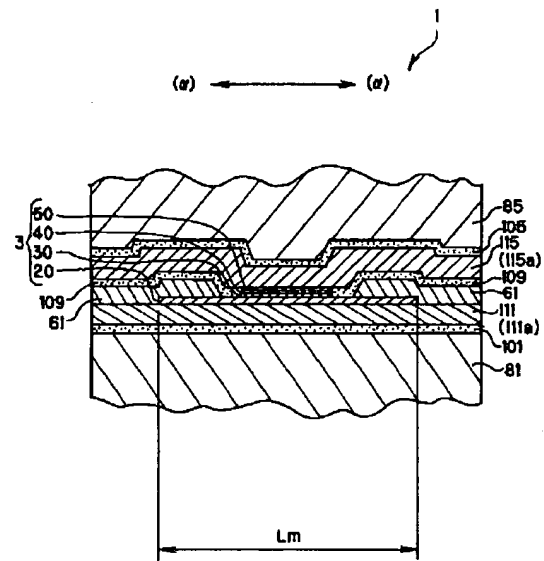


FIG.3

【図4】



【図5】

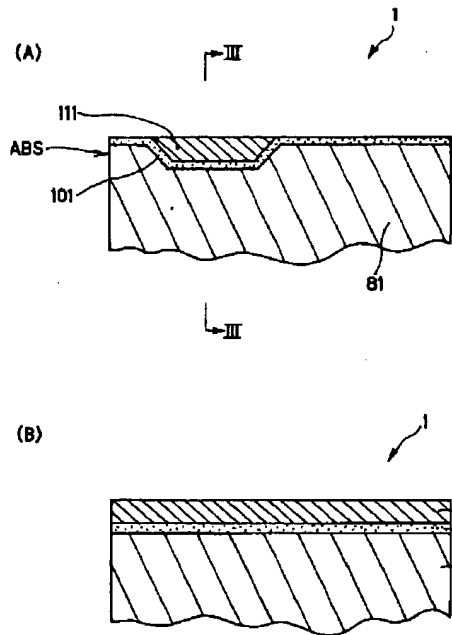


FIG. 5

【図6】

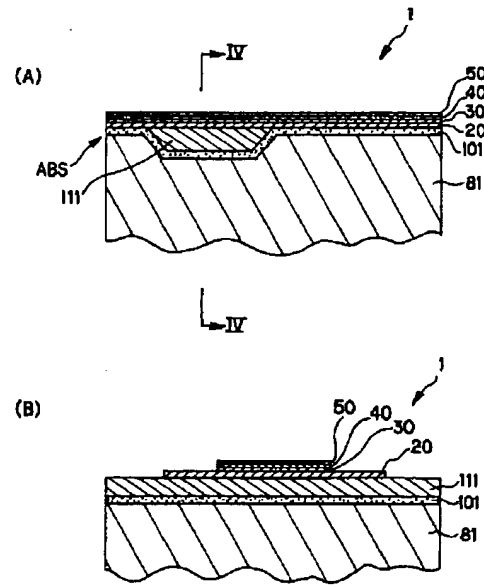


FIG. 6

【図7】

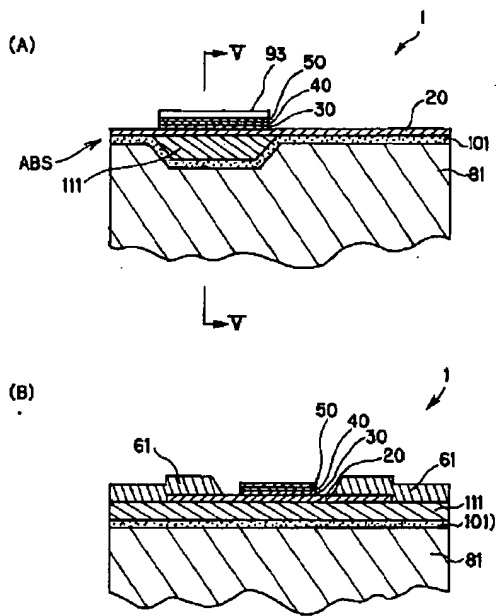


FIG. 7

【図8】

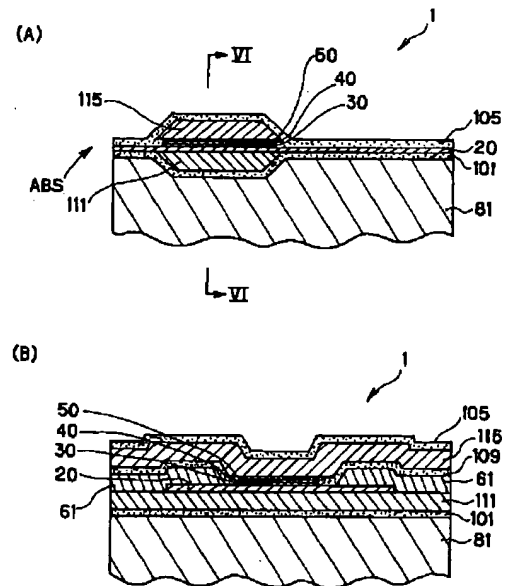


FIG. 8

【図9】

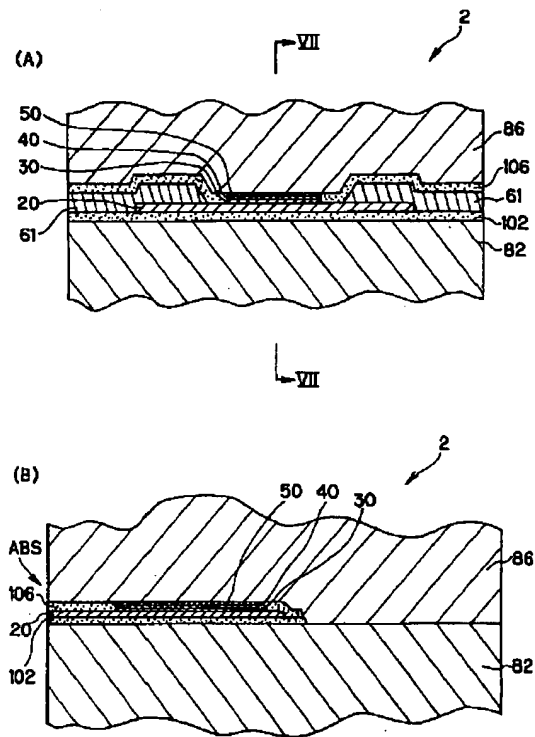


FIG. 9

フロントページの続き

(72)発明者 笠原 寛顕

東京都中央区日本橋一丁目13番1号 ティ
ーディーケイ株式会社内

(72)発明者 荒木 悟

東京都中央区日本橋一丁目13番1号 ティ
ーディーケイ株式会社内

Fターム(参考) 5D034 BA05 BA15 BA19

* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[The technical field to which invention belongs] This invention relates to the tunnel magneto-resistive effect mold arm head (Magneto-Resistive tunnel Junction head) for reading the magnetic field strength of magnetic-recording data medium etc. as a signal. It is related with the tunnel magneto-resistive effect arm head which has the structure of a new ferromagnetic free layer so that it can apply to super-high density record especially.

[0002]

[Description of the Prior Art] anisotropy magnetic reluctance (Anisotropic Magneto-Resistance: AMR) - effective -- it is -- magnetic recording carries out reading appearance of the MR sensor based on the spin bulb (Spin-Valve: SV) effect, and it is well known as a transducer. MR sensor can detect change of the signal recorded on the record medium by resistance change of the read-out section it is changeless from a magnetic adjuster. Resistance rate-of-change $\Delta R/R$ of the AMR sensor is low, and is about 1 - 3%. On the other hand, resistance rate-of-change $\Delta R/R$ of SV sensor is as high as about 2 - 7%. thus, SV MAG reading appearance which shows higher sensitivity -- carrying out -- an arm head -- AMR reading appearance -- carrying out -- an arm head -- replacing -- very high recording density -- for example, several gigabits [/] read-out of the recording density of 2 (Gbits/in²) is made possible an inch.

[0003] In recent years, new MR sensor which hid a possibility that it could respond to super-high density record further is capturing the spotlight. That is, in tunnel magneto-resistive effect cementation (it is referred to also as Magneto-Resistive tunnel Junctions: MRTJ or TMR, and these are synonymous), it is reported that 12% or more of resistance rate-of-change $\Delta R/R$ is shown. about [from which the application to the magnetic head still began although such a TMR sensor was expected as a next-generation sensor which replaces SV sensor] -- it is -- as one of the present technical problems -- a TMR property -- the maximum student or **** -- development of new head structure is mentioned. That is, in order for the TMR sensor itself to take the so-called CPP (Current Perpendicular to the Plane) geometric structure to which current is passed in the thickness direction of a cascade screen, the layout (design) of new head structure by which the conventional proposal is not made is demanded.

[0004] By the way, about SV sensor whose utilization is already in prospect, it has the structure where two ferromagnetic layers are formed through one non-magnetic layer as indicated by U.S.P. 5,159,513, for example. An austausch layer (FeMn) adjoins one more ferromagnetic layer, and is formed. Switched connection of the ferromagnetic layer adjoined and formed in an austausch layer and this is carried out, and pinning of the magnetization of a ferromagnetic layer is strongly carried out to an one direction. On the other hand, the magnetization in other ferromagnetic layers can answer a small external magnetic field, and can be freely rotated now. And when magnetization of two ferromagnetic layers changes from parallel to anti-parallel, resistance of a sensor increases and resistance rate-of-change $\Delta R/R$ becomes about 2 - 7%.

[0005] When such SV sensor structure is compared with TMR sensor structure, every time TMR sensor structure removes the point which transposed the non-magnetic metal layer of SV sensor structure to the

tunnel barrier layer which is an insulating layer, and the point of passing sense current to the perpendicular method at the film surface of a ferromagnetic layer, it has taken very similar structure. In a TMR sensor, the sense current which flows through a tunnel barrier layer is influenced by the spin polarization condition of two ferromagnetic layers, when magnetization of two ferromagnetic layers is anti-parallel, the probability of tunnel current becomes low and a high bond resistance (high junction resistance) is obtained. With this, on the contrary, when magnetization of two ferromagnetic layers is parallel, the probability of tunnel current becomes high and a low bond resistance (low junction resistance) is obtained.

[0006] The conventional example which applied the TMR sensor (element) to magnetic-head structure is indicated by U.S.P.5,729,410, U.S.P.5,898,547, U.S.P.5,898,548, U.S.P.5,901,018, etc. In these official reports, the technical improvement is proposed that it can respond mainly to super-high density record. However, the development demand of the TMR magnetic head to super-high density record will become more advanced, and it waits eagerly for the proposal of the highly efficient TMR magnetic head also compared with the former.

[0007]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] This invention is originated by the thing of such the actual condition, and the purpose has little decline in TMR rate of change from the first, and improvement in the TMR head engine performance and especially the thing to excel in corrosion resistance have a large head output, and are to offer a tunnel magneto-resistive effect arm head applicable to super-high density record.

[0008]

[Means for Solving the Problem] In order to solve such a technical problem, this invention It is the tunnel magneto-resistive effect mold arm head which has tunnel multilayers to which the laminating of a tunnel barrier layer, a ferromagnetic free layer formed as whose tunnel barrier layer was pinched, and the strong magnetic pinned layer was carried out. The free layer principal part from which said ferromagnetic free layer constitutes some tunnel multilayers substantially, It has in one the front flux guide section and the back flux guide section which are installed before and after this free layer principal part, respectively. Said front flux guide section A part of ABS (Air Bearing Surface) is constituted, and the crosswise length L_m of said free layer principal part is constituted so that it may be set up for a long time and may consist of the length L_f of the cross direction of the front flux guide section, and the crosswise length L_b of the back flux guide section.

[0009] Moreover, it is constituted so that laminating formation of said tunnel barrier layer and strong magnetic pinned layer may be carried out, tunnel multilayers may be substantially formed in a part for a center section of said free layer principal part as a desirable mode of this invention and it may become.

[0010] Moreover, as a desirable mode of this invention, connection formation of the bias grant means is carried out to crosswise both ends of said free layer principal part, respectively, and it is constituted so that a bias magnetic field may be impressed crosswise [of a ferromagnetic free layer] by the bias grant means concerned.

[0011] As a desirable mode of this invention, moreover, the crosswise length L_p of said strong magnetic pinned layer It is equal to the length L_f of the cross direction of the front flux guide section, or are larger than L_f . And it is set up smaller than the crosswise length L_m of said free layer principal part, and length D ($D = (L_p - L_f)/2$) projected too much than a crosswise edge of the front flux guide section of said strong magnetic pinned layer is constituted so that it may be set to $0 \leq D \leq 0.15$ micrometers.

[0012] Moreover, as a desirable mode of this invention, the crosswise length L_p of said strong magnetic pinned layer is set up smaller than the crosswise length L_m of said free layer principal part, and more greatly than the crosswise length L_f of the front flux guide section, length D ($D = (L_p - L_f)/2$) projected too much than a crosswise edge of the front flux guide section of said strong magnetic pinned layer is constituted so that it may be set to $0 < D \leq 0.15$ micrometers.

[0013] Moreover, as a desirable mode of this invention, the crosswise length L_p of said strong magnetic pinned layer is set up smaller than the crosswise length L_m of said free layer principal part, and more greatly than the crosswise length L_f of the front flux guide section, length D ($D = (L_p - L_f)/2$) projected

too much than a crosswise edge of the front flux guide section of said strong magnetic pinned layer is constituted so that it may be set to $0.05\text{micrometer} \leq D \leq 0.15\text{micrometer}$.

[0014] Moreover, as a desirable mode of this invention, depth (it is perpendicularly to ABS) length H of said front flux guide section is constituted so that it may be set to 0.01-0.3 micrometers.

[0015] Moreover, as a desirable mode of this invention, said tunnel multilayers are constituted so that it may be joined to an electrode and an electric target of a pair by which opposite arrangement was carried out so that the tunnel multilayers concerned might be inserted in the direction of a laminating and may become.

[0016] Moreover, as a desirable mode of this invention, an electrode of said pair is constituted so that it may have a configuration which can perform 4 terminal measurement of current and voltage and may become by four side electrode sections constituted nothing and substantially in a configuration equipped with a front electrode section extended crosswise [of said tunnel multilayers], and a side electrode section extended depth (it is perpendicularly to ABS) from both ends of a front electrode section, respectively in one, respectively.

[0017] Moreover, as a desirable mode of this invention, opposite arrangement of the shield layer of a pair is carried out so that an electrode of said pair may be inserted, and the back end section of a back flux guide of said ferromagnetic free layer is constituted so that it may connect with one [at least] shield layer and may become.

[0018] Moreover, as a desirable mode of this invention, a bias grant means by which connecting arrangement is carried out to crosswise both ends of the free layer principal part of said ferromagnetic free layer, respectively is constituted so that it is contacted and formed on crosswise both ends of the free layer principal part, or in the bottom, and the space G fixed from a crosswise edge of said strong magnetic pinned layer may be secured, it may be formed and it may become.

[0019] Moreover, as a desirable mode of this invention, said fixed space G is constituted so that it may be set to 0.02 micrometers or more.

[0020] Moreover, as a desirable mode of this invention, said fixed space G is constituted so that it may be set to 0.02 micrometers or more 0.3 micrometers or less.

[0021] Moreover, as a desirable mode of this invention, said fixed space G is constituted so that it may be set to 0.02 micrometers or more less than 0.15 micrometers.

[0022] Moreover, as a desirable mode of this invention, thickness of said ferromagnetic free layer is constituted so that it may be set as the range of 20-500Å.

[0023] Moreover, as a desirable mode of this invention, said ferromagnetic free layer is constituted so that it may be a synthetic ferrimagnet (synthetic ferrimagnet).

[0024] Moreover, as a desirable mode of this invention, said bias means does not have a high coercive force material, an antiferromagnetism material or an antiferromagnetism layer, and 1, and consists of layered products with that ferromagnetic layer how many layers.

[0025] Moreover, it is constituted so that the laminating of the pinning layer for carrying out pinning of the magnetization of said strong magnetic pinned layer may be carried out to a field opposite to a side which touches a tunnel barrier layer of said strong magnetic pinned layer and it may become as a desirable mode of this invention.

[0026]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, the gestalt of concrete operation of this invention is explained to details.

[0027] Drawing 1 is the perspective diagram showing a suitable example of the tunnel magneto-resistive effect mold arm head 1 ("the TMR arm head 1" is only called hereafter) of this invention, and drawing 2 is the plan of drawing 1. The head structure in these drawing 1 and drawing 2 was not completely assembled as the magnetic head, is in the condition in the middle of an assemble, and shows the member especially required for explanation of this invention so that an understanding of the feature portion of the head structure of this invention may become easy. Drawing 3 is I-I cross-section view drawing (however, it is in the condition of having been completed as the magnetic head) of the magnetic head of drawing 2, and drawing 4 is II-II cross-section view drawing of drawing 3.

[0028] ABS (ABS: Air Bearing Surface) shown in drawing 1 - drawing 3 is a field arranged so that it may counter substantially with the record medium which emits the external magnetic field which is magnetic information, and is equivalent to a field equipped with the so-called magnetic sensitive part.

[0029] The TMR arm head 1 is equipped with the tunnel multilayers 3 which show a spin tunnel magneto-resistive effect as clearly shown especially in drawing 3 and drawing 4 in the gestalt of this operation. That is, the tunnel multilayers 3 have the multilayers structure where the laminating of the tunnel barrier layer 30, the ferromagnetic free layer 20 formed as whose tunnel barrier layer 30 was pinched, and the strong magnetic pinned layer 40 was carried out. The ferromagnetic free layer 20 acts so that the external magnetic field which is magnetic information fundamentally may be answered and the sense of magnetization may be changed into freedom (free). Moreover, pinning of the whole of the magnetization direction is carried out so that a strong magnetic pinned layer 40 may turn to the fixed direction (in the case of drawing 4, the direction of the magnetization by which pinning is carried out is the depth direction of space). Therefore, the laminating of the pinning layer 50 for usually carrying out pinning of the magnetization of a strong magnetic pinned layer 40, as shown in drawing 1 is carried out to a field opposite to the side which touches the tunnel barrier layer 30 of said strong magnetic pinned layer 40.

[0030] The ferromagnetic free layer 20 used for this invention has in one the free layer principal part 22 which constitutes some tunnel multilayers 3 substantially, and the front flux guide section 21 and the back flux guide section 23 which are installed, respectively before and after this free layer principal part 22 (the ABS side before), as shown in drawing 2, and it is making the so-called cross-joint configuration as a whole configuration. In order to make this gestalt more intelligible, the plan which took up only the ferromagnetic free layer 20 from the condition of drawing 2 is shown in drawing 10.

[0031] As shown in drawing 2 and drawing 10, as for the front flux guide section 21, the point 21a constitutes a part of ABS (Air Bearing Surface). And the crosswise (the direction of arrow head (α) - (α) is shown hereafter) length L_m of the free layer principal part 22 is set up for a long time than the length L_f of the cross direction of the front flux guide section 21, and the crosswise length L_b of the back flux guide section 23. And laminating formation of the pinning layer 50 is carried out one by one at said tunnel barrier layer 30 and a strong magnetic pinned layer 40, and a pan, and the tunnel multilayers 3 are substantially formed in a part for the center section of the free layer principal part 22. Furthermore, in the crosswise both ends of the free layer principal part 22, connection formation of the bias grant means 61 and 61 is carried out, respectively, and a bias magnetic field is impressed crosswise [of the ferromagnetic free layer 20 (especially free layer principal part 22)] by the bias grant means 61 and 61 concerned.

[0032] The crosswise length L_p of the strong magnetic pinned layer 40 formed in the upper part of the free layer principal part 22 is equal to the length L_f of the cross direction of the front flux guide section 21, or is set up smaller than the crosswise length L_m of said free layer principal part 22 more greatly than L_f . And if length projected too much [crosswise] than the both ends of the front flux guide section 21 of a strong magnetic pinned layer 40 is set to D ($D = (L_p - L_f)/2$), $0 \leq D \leq 0.15$ micrometers of $0 < D \leq 0.15$ micrometers of this D value will be more preferably set as $0.05 \text{ micrometer} \leq D \leq 0.15 \text{ micrometer}$. If this D value is set to less than 0 micrometer, a bond resistance will increase and the orientation for it to become impossible to catch the signal magnetic flux which flows further 100%, and for a head output to decline will arise. If a D value exceeds 0.15 micrometers, since a plane-of-composition product will increase on the other hand to the flowing signal magnetic flux beyond necessity, the orientation for a magnetic field head output to decline will arise.

[0033] In addition, the crosswise length L_b of about 0.1-2 micrometers and the back flux guide section 23 is set [the crosswise length L_m of the free layer principal part 22 in this invention] to about 0.1-3 micrometers for the length L_f of the cross direction of about 0.5-4 micrometers and the front flux guide section 21.

[0034] Furthermore, 0.01-0.3 micrometers depth (it is perpendicularly to ABS) length H [0.01-0.2 micrometers] of the front flux guide section 21 shown in drawing 1, drawing 2, and drawing 10 is preferably set as 0.01-0.1 micrometers still more preferably. Although the more infinite one near 0 of

this H value is good, the danger of an electrostatic discharge (Electro-Static Discharges:ESD) arises or the electric short danger of the free layer 20 and pinned layer 40 in a polishing production process (wrapping production process) arises as it becomes small. Therefore, a lower limit is good to be referred to as about 0.01 micrometers. On the other hand, if this H value exceeds 0.3 micrometers, a head output will decline, or a crosswise bias magnetic field will become inadequate and a Barkhausen noise will arise.

[0035] As shown in drawing 3 and drawing 4, opposite arrangement is carried out and the electrode 111,115 of a pair is electrically joined to the tunnel multilayers 3 by the upper and lower sides of the direction of a laminating of the tunnel multilayers 3 so that the multilayers 3 concerned may be inserted. Sense current is passed by the tunnel multilayers 3 with the electrode 111,115 of this pair.

[0036] The electrode 111,115 of a pair is carrying out the shape of a typeface of KO in this operation gestalt, respectively. Namely, the front electrode sections 111a and 115a (are the portion shown in drawing 3 and drawing 4, and it sets to drawing 2) extended crosswise [of said tunnel multilayers 3] as shown in drawing 2 - drawing 4 since front electrode section 111a is located in the tunnel multilayers 3 bottom and front electrode section 115a is located in the tunnel multilayers 3 bottom on the other hand, it appears -- **** -- The configuration equipped with the side electrode sections 111b and 111b extended depth (it is perpendicularly to ABS) from the both ends of the front electrode sections 111a and 115a, respectively, and 115b and 115b respectively in one is made. Thus, it has the configuration which can perform 4 terminal measurement of current and voltage by four side electrode sections 111b and 111b constituted substantially, and 115b and 115b. By considering as the design which can perform 4 terminal measurement, higher TMR rate of change is obtained and a noise can be reduced further.

[0037] As the electrode 111,115 of such a pair is shown in drawing 3 and drawing 4, opposite arrangement of the shield (MAG) layers 81 and 85 of a pair is carried out so that it may be covered by the insulating layer 101,105 of a pair and these may be covered further, respectively. And it is desirable to constitute so that the back end section of the back flux guide 23 of the ferromagnetic free layer 20 mentioned above may be connected to one [at least] shield layer 85 and it may become (drawing 3). The merit that the magnetosensitive effectiveness of a signal magnetic field increases and a head output increases by this arises.

[0038] A bias magnetic field is impressed crosswise [of the ferromagnetic free layer 20] by the bias grant means 61 and 61 by which the laminating was carried out to the crosswise (the direction of arrow-head (alpha) - (alpha): longitudinal direction of space) both ends, respectively, and connecting arrangement was carried out to them as said ferromagnetic free layer 20 in this invention was shown in drawing 3. That is, the crosswise length L_m of the free layer principal part 22 of the ferromagnetic free layer 20 is set up more greatly than the crosswise length L_p of said strong magnetic pinned layer 40, and the free layer principal part 22 serves as a gestalt to which only the part with the length L_m longer than the length L_p of a strong magnetic pinned layer 40 equipped the both ends at least with the extension, respectively.

[0039] The bias grant means 61 and 61 are connected at least to the extension of such both ends of the free layer principal part 22 in the state of a laminating. Switched connection of the portion by which the laminating was carried out is carried out to the extension of the free layer principal part 22, and the bias grant means 61 and 61 fix the magnetization direction in the direction of an arrow head (alpha). From the crosswise both ends of said strong magnetic pinned layer 40, the respectively fixed space G is secured and the bias grant means 61 and 61 are formed, respectively, as shown in drawing 1 and drawing 2.

[0040] In case such a fixed space G determines the design specification of an arm head, in order to make it not reduce TMR rate of change substantially, setting to a predetermined range is desirable. As for a concrete numeric value, it is desirable the quality of the material of head specification, for example, the configuration member to be used, and to set up suitably by size setup etc. If the numeric value especially found out experimentally as a more desirable mode is mentioned, as for said especially fixed space G, it will be desirable to consider as the range 0.02 micrometers or more of 0.3 micrometers or less, and the 0.02 more micrometer or more range of less than 0.15 micrometers (for 0.15 micrometers not to be

included) 0.02 micrometers or more.

[0041] When the value of this G is set to less than 0.02 micrometers, it is in the orientation for TMR rate of change to fall. If this G value becomes large too much and exceeds 0.3 micrometers on the other hand, the orientation which the effective width of recording track spreads and stops agreeing in the future demand to a raise in recording density will arise.

[0042] Moreover, although especially the thickness of said ferromagnetic free layer 20 in this invention is not limited, it is good preferably to set [20-500Å / 40-300Å] it as the range of 60-200Å more preferably. If this thickness becomes less than 20Å, it will become difficult on membrane formation technology to make the length Lm of the cross direction of said free layer principal part 22 into sufficient magnitude. Moreover, if this thickness exceeds 500Å, by dispersion in the property inside a ferromagnetic free layer, distribution of the rate of electronic polarization will arise and un-arranging [that TMR rate of change will decrease as a result] will arise.

[0043] The quality of the material which constitutes the ferromagnetic free layer 20 and a strong magnetic pinned layer 40 has a desirable high spin polarization material so that high TMR rate of change may be obtained, for example, Fe, Co, nickel, FeCo, NiFe, CoZrNb, FeCoNi, etc. are used. These may be the layered products more than two-layer. As mentioned above, 20-500Å of thickness of the ferromagnetic free layer 20 is preferably made into 60-200Å. If there is orientation for the output at the time of head actuation to decline if thickness becomes thick too much and thickness becomes thin too much, magnetic properties will become unstable and un-arranging [that the noise at the time of head actuation increases] will arise. 10-100Å of thickness of a strong magnetic pinned layer 40 is preferably made into 20-50Å. If pinning of the magnetization by the pinning layer 50 will become weaker if thickness becomes thick too much, and thickness becomes thin too much, the orientation for TMR rate of change to decrease will arise.

[0044] Although the pinning layer 50 which carries out pinning of the magnetization of a strong magnetic pinned layer 40 will not be especially limited if the pinning function is achieved, an antiferromagnetism material is usually used. Thickness is usually made into about 60-200Å.

[0045] Here, the ferromagnetic tunnel magneto-resistive effect is explained briefly. A ferromagnetic tunnel magneto-resistive effect means the phenomenon in which the tunnel current which flows a tunnel barrier layer depending on whenever [ferromagnetic layer / both / 20 and angular relation / of the mutual magnetization between 40] changes, when passing current in the ferromagnetic layer 20 of the pair whose tunnel barrier layer 30 is pinched, and the direction of a laminating between 40. The tunnel barrier layer 30 in this case is a thin insulator layer, and it can pass an electron, saving spin according to a tunnel magneto-resistive effect. Since electronic tunnel probability becomes high when the mutual magnetization between both the ferromagnetism layer 20 and 40 is parallel (or when whenever [angular relation / of mutual magnetization] is small), the resistance of current which flows among both becomes small. Since electronic tunnel probability becomes low when the mutual magnetization between both the ferromagnetism layer 20 and 40 of this conversely is anti-parallel (or when whenever [angular relation / of mutual magnetization] is large), the resistance of current which flows among both becomes large. Detection actuation of an external magnetic field is performed using the resistance change based on change of whenever [angular relation / of such magnetization].

[0046] The tunnel barrier layer 30 two ferromagnetic layers' 20 and 40 pinched consists of aluminum 2O₃, NiO, GdO, MgO and Ta 2O₅, MoO₂ and TiO₂, and WO₂ grade. Although it is desirable that it is thin as much as possible for the reduction in resistance of an element, it is too thin not much, and leakage current will drop off and the thickness of the tunnel barrier layer 30 is not desirable, if a pinhole is generated. Generally, it may be about 5-20Å.

[0047] In this invention, it is also one of the desirable modes to use the ferromagnetic free layer 20 as the synthetic ferry magnet (synthetic ferrimagnet) illustrated by the three-layer layered product of for example, a NiFe layer (20Å in thickness) / Ru layer (7Å in thickness) / NiFe layer (25Å in thickness). In this case, the magnetization direction of an up-and-down NiFe layer and a NiFe layer is hard flow mutually, respectively. Since the thickness of an effectual free layer can be thinly set up when a synthetic ferry magnet is used, magnetic field sensitivity improves and there is a merit that a head output

becomes large. Moreover, such a synthetic ferrymagnet is applicable also to said strong magnetic pinned layer 40.

[0048] Moreover, in the gestalt of the above-mentioned operation, although the bias grant means 61 and 61 are arranged at the both-ends bottom of the ferromagnetic free layer 20, they may be arranged to the down side, without being limited to this.

[0049] Subsequently, the fundamental manufacture method of the magnetic head of this invention mentioned above is explained briefly, referring to drawing 5 - drawing 8. Drawing 5 (A) is a cross section similar to drawing seen from [of drawing 2] the I-I cross-section view, and drawing 5 (B) is III-III cross-section view drawing of drawing 5 (A). Drawing 6 (A) is a cross section similar to drawing seen from [of drawing 2] the I-I cross-section view, and drawing 6 (B) is IV-IV cross-section view drawing of drawing 6 (A). Drawing 7 (A) is a cross section similar to drawing seen from [of drawing 2] the I-I cross-section view, and drawing 7 (B) is V-V cross-section view drawing of drawing 7 (A). Drawing 8 (A) is a cross section similar to drawing seen from [of drawing 2] the I-I cross-section view, and drawing 8 (B) is VI-VI cross-section view drawing of drawing 8 (A). Although the various thin film pattern formation technology in which the photoresist method, ion milling, lift off, the spatter forming-membranes method, etc. are well-known is used on the occasion of manufacture of the magnetic head, explanation of the individual details technique is omitted here.

[0050] First, as shown in drawing 5 (A) and (B), the crevice pattern for predetermined electrode formation is formed on the shield layer 81, and an insulating layer 101 is formed after that. Subsequently, an electrode member is laid under the crevice pattern for predetermined electrode formation, and an electrode 111 is formed.

[0051] Subsequently, as shown in drawing 6 (A) and (B), the laminating of the ferromagnetic free layer 20, the tunnel barrier layer 30, a strong magnetic pinned layer 40, and the pinning layer 50 is carried out one by one.

[0052] subsequently, as shown in drawing 7 (A) and (B), the ferromagnetic free layer 20, the tunnel barrier layer 30, a strong magnetic pinned layer 40, and the pinning layer 50 are fabricated in a predetermined configuration and a predetermined size -- having -- the crosswise both ends of the ferromagnetic free layer 20 -- each -- the BIAIAISU grant means 61 and 61 are formed.

[0053] Subsequently, as shown in drawing 8 (A) and (B), an insulating layer 109 is formed, an electrode 115 is further formed on this at a predetermined pattern, and an insulating layer 105 is formed on this electrode 115. Furthermore, the shield layer 85 is formed on an insulating layer 105, and it results in the condition of drawing 3 and drawing 4.

[0054] After the gestalt of the magnetic head is completed like the above, a pin-annealing production process is performed further. That is, pinning of magnetization of the strong magnetic pinned layer 40 by the pinning layer 50 is performed, carrying out cooling-down all over a suitable magnetic field. Bias grant actuation (pinning actuation as [For example,] the example) to the ferromagnetic free layer 20 by the bias grant means 61 is performed at the last.

[0055] The modification of TMR magnetic-head 1 structure shown in drawing 1 is shown in drawing 9 (A) and (B). Drawing 9 (A) is a drawing equivalent to the same cross section as drawing 4, and drawing 9 (B) is VII-VII cross-section view drawing of drawing 9 (A). The point that the structure of the TMR magnetic head 2 shown in drawing 9 (A) and (B) differs from it which is shown in drawing 1 fundamentally has the electrode-shield combination layers (commonlead and shield layer) 82 and 86 which achieve the electrode of a ***** sake, and the function of both magnetic shielding in the point joined electrically, respectively (electricalcontact) in sense current at the tunnel multilayers 3 at the both sides of the direction of a laminating of said tunnel multilayers 3. By using such electrode-shield combination layers (common leadand shield layer) 82 and 86, it can reduce sharply and a lead gap can prevent the flow of uneven current in tunnel multilayers easily further.

[0056] Such electrode-shield combination layers (common lead and shield layer) 82 and 86 consist of NiFe (permalloy), Sendust, CoFe, and CoFeNi. Sense current flows in the direction of a laminating of the tunnel multilayers 3 which the current for sense is passed by such electrode-shield combination layers (common lead and shield layer) 82 and 86, and are electrically joined to them by these layers 82

and 86.

[0057] Such electrode-shield combination layers 82 and 86 may be formed so that the tunnel multilayers 3 may be contacted directly, or you may make it join electrically the electrode-shield combination layer 82 and the tunnel multilayers 3 through the gap layer 102 with nonmagnetic and conductivity, as shown in the gestalt of operation of drawing 9 (only in one side, the gap layer 102 intervenes). In joining directly, without preparing a gap layer, there is a merit that can make distance between shield-shields short even to a limit, and it is made as for a big contribution to high density record-ization. In joining indirectly through a gap layer on the other hand, there is a merit that the magnetic leakage by the side of an electrode-shield combination layer can be prevented much more certainly.

[0058] Said gap layer 102 consists of Cu, aluminum, Au, Ta, Rh, Cr, In, Ir, Mg, Ru, W, Zn, or an alloy with these, and especially the gap layer 102 concerned achieves the function of adjustment of the distance between shield-shields, and adjustment of a TMR multilayers location, and the function to prevent that tunnel current becomes an ununiformity. Thickness of the gap layer 102 is made into about 50-700Å. In addition, the sign 106 in drawing 9 shows the insulating layer which consists of an alumina etc.

[0059]

[Example] The concrete example shown below explains further invention of the tunnel magneto-resistive effect mold arm head mentioned above to details.

[0060] ((I) The example of an experiment)

[0061] The head structure shown in drawing 1 - drawing 4 and the sample of a tunnel magneto-resistive effect mold arm head which has the same structure substantially were produced. Namely, the ferromagnetic free layer 20, the tunnel barrier layer 30 (aluminum oxide; 12Å in thickness) which consist of a two-layer layered product of NiFe (100Å in thickness), and Co (20Å in thickness), The magnetic-head sample equipped with the tunnel multilayers 3 which consist of a pinning layer 50 (RuRhMn; 100Å in thickness) for the magnetization direction to carry out pinning of the magnetization of the strong magnetic pinned layer 40 (Co; 30Å in thickness) by which pin immobilization was carried out, and the ferromagnetic layer 40 in the direction of a detection magnetic field was produced.

[0062] The ferromagnetic free layer 20 was formed in the cross-joint configuration with which the so-called requirements for this invention are filled. That is, the ferromagnetic free layer 20 was made into the configuration which has in one the free layer principal part 22 which constitutes some tunnel multilayers substantially, and the front flux guide section 21 and the back flux guide section 23 which are installed before and after this free layer principal part 22, respectively. Of course, the front flux guide section 21 was formed so that a part of ABS (Air Bearing Surface) might be constituted.

[0063] In the crosswise length L_m of the free layer principal part 22, the length L_f of the cross direction of 2.5 micrometers and the front flux guide section 21 set the crosswise length L_b of 0.5 micrometers and the back flux guide section 23 to 0.7 micrometers. The crosswise length L_p of said strong magnetic pinned layer 40 was set as 0.7 micrometers, and was made larger than the length L_f of the cross direction of the front flux guide section. Moreover, length D ($D = (L_p - L_f)/2$) projected in the excess from the front flux guide section 21 of a strong magnetic pinned layer 40 could be 0.1 micrometers. Moreover, depth (it is perpendicularly to ABS) length H of the front flux guide section 21 could be 0.05 micrometers.

[0064] The electrode 111, 115 for passing current to the tunnel multilayers 3 was constituted from Ta (300Å in thickness), and constituted the magnetic-shielding layers 81 and 85 from a permalloy. However, in the experiment concerned, the back end of the back flux guide section 23 was not joined to the magnetic-shielding layers 81 and 85 (this point, the example II of a following experiment - the example III of an experiment were also made the same).

[0065] On the crosswise both ends of the ferromagnetic free layer 20 (especially free layer principal part 22), overlapping of the permanent magnets 61 and 61 which consist of CoPt as a bias grant means was carried out, respectively, and the bias magnetic field (for example, the direction of an arrow head (α)) was impressed crosswise [of the ferromagnetic free layer 20 (especially free layer principal part 22)] with the bias grant means 61 and 61 concerned. Cementation distance of this portion by which

overlapping was carried out was set to 0.88 micrometers, and the space value G was set to 0.02 micrometers.

[0066] In addition, the gestalt of insulating layers 101, 105 and 109 was made the same as the gestalt shown in drawing 1 - drawing 4, and was formed from the alumina material. The sample formed with the above configuration was made into this invention sample I-1.

[0067] Moreover, the sample with such this invention sample I-1 which made the configuration of a ferromagnetic free layer the rectangle was produced as a comparison sample I-1 for the engine-performance comparison. That is, $L_m=L_f=L_b=$ could be 0.5 micrometers. The crosswise length L_p of said strong magnetic pinned layer 40 was set as 0.7 micrometers, and was made larger than the length L_f of the cross direction of the front flux guide section. Moreover, in this example of a comparison, D did not exist but set distance from ABS to the point (side near ABS) of a strong magnetic pinned layer 40 to 0.05 micrometers which is the same distance as Above H as a numeric value similar to H.

[0068] The head output was measured in the following way using the TMR arm head of the above-mentioned this invention sample I-1 and the comparison sample I-1, respectively.

[0069] (1) Measurement of a head output [0070] The head output was measured using DP circuit tester (Dynamic Performance Tester).

[0071] As a result of the experiment, the output of 750 microvolts was obtained with this invention sample I-1, and the output of 590 microvolts was obtained with the comparison sample I-1. Incidentally, the output of this invention sample I-1 was that [about 1.27 times] of the comparison sample I-1.

[0072] (Example II of an experiment)

[0073] In this invention sample I-1 produced in the above-mentioned example I of an experiment, the sample which changed the crosswise length L_p of a strong magnetic pinned layer 40, and changed various length D ($D=(L_p-L_f)/2$) projected in the excess from the front flux guide section 21 of a strong magnetic pinned layer 40 was produced, and the effect a D value affects a magnetic-head output was checked experimentally.

[0074] The result was shown in the following table 1. In addition, in addition to the above-mentioned (1) head output, in a table 1, the (2) resistance R measured in the following way and (3) S/N ratios were also written together as evaluation criteria.

[0075] (2) Resistance R (ohm)

[0076] From resistance (HGA resistance) of the whole arm head, resistance was deducted for the resistance for an electrode material, and a bond resistance, and resistance of a TMR joint (multilayers 3) was estimated.

[0077] (3) S/N ratio (dB)

[0078] Signal to Noise ratio (S/N ratio) was calculated by the usual method using DP circuit tester.

Usually, if 25dB or more is desirable and turns into less than 20dB, a problem will produce this value on head actuation.

[0079]

[A table 1]

表 1

サンプル No.	D (μm)	ピン層の 大きさ(μm^2)	R (Ω)	ヘッド出力 (μV)	S/N (dB)
I-1	0.10	0.5×0.7	119	750	33
II-1	-0.15	0.5×0.2	417.5	490	16
II-2	-0.10	0.5×0.3	278	600	20
II-3	-0.05	0.5×0.4	209	640	24
II-4	0	0.5×0.5	167	700	30
II-5	0.05	0.5×0.6	137	730	32
II-6	0.15	0.5×0.8	105	710	30
II-7	0.20	0.5×0.9	62	600	19

[0080] It turns out that $0 \leq D \leq 0.15$ micrometers of $0 < D \leq 0.15$ micrometers of suitable D values from which the output of predetermined level is obtained and a big S/N ratio is obtained from the result of the above-mentioned table 1 are $0.05 \text{ micrometer} \leq D \leq 0.15 \text{ micrometer}$ more preferably.

[0081] (Example III of an experiment)

[0082] In this invention sample I-1 produced in the above-mentioned example I of an experiment, the sample which changed various depth (it is perpendicularly to ABS) length H of the front flux guide section 21 was produced, and the effect the value of H affects a magnetic-head output was checked experimentally.

[0083] The result was shown in the following table 2. In addition, in addition to the above-mentioned (1) head output, in a table 2, (4) Barkhausen noises measured in the following way were also written together as evaluation criteria.

[0084] (4) Barkhausen noise [0085] The evaluation method of the so-called MR head and a GMR head and the same method estimated the Barkhausen noise. The level which does not interfere practically was displayed by "O" and the level which poses a problem practically was displayed by "x."

[0086]

[A table 2]

表 2

サンプル No.	H (μm)	ヘッド出力 (μV)	バークハウゼン ノイズ
I-1	0.05	750	○
III-1	0	520	○
III-2	0.01	610	○
III-3	0.10	710	○
III-4	0.15	690	○
III-5	0.20	660	○
III-6	0.25	630	○
III-7	0.30	600	○
III-8	0.35	550	×
III-9	0.4	500	×
III-10	0.5	300	×

[0087] It turns out that it is more desirable than the result of the above-mentioned table 2 to set depth (for it to be perpendicularly to ABS) length H of said front flux guide section as the range of 0.01-0.3 micrometers in order to prevent generating of a Barkhausen noise effectively and to obtain a big head output.

[0088] (Example IV of an experiment)

[0089] In each sample produced in the above-mentioned example III of an experiment, the back end of the back flux guide section 23 was joined to the magnetic-shielding layer 85 (drawing 3). Except it, each sample of the example IV of an experiment was produced like the above-mentioned example III of an experiment, and the experiment which investigates the effect on a head output was conducted.

[0090] The result was shown in the following table 3. In addition, the head output value indicated in the parenthesis in a table 3 is data of the table 2 mentioned by reference.

[0091]

[A table 3]

表 3

サンプル No.	H (μ m)	ヘッド出力(μ V)	ヘッド出力 ノイズ
I-1	0.05	830 (750)	○
IV-1	0	550 (520)	○
IV-2	0.01	640 (610)	○
IV-3	0.10	810 (710)	○
IV-4	0.15	780 (690)	○
IV-5	0.20	750 (660)	○
IV-6	0.25	710 (630)	○
IV-7	0.30	670 (600)	○
IV-8	0.35	580 (550)	×
IV-9	0.4	520 (500)	×
IV-10	0.5	330 (300)	×

[0092] The result of the above-mentioned table 3 shows that improvement in an output is achieved further, when the back end of the back flux guide section 23 is joined to the magnetic-shielding layer 85.

[0093] ((V) The example of an experiment)

[0094] In this invention sample produced in the above-mentioned example I of an experiment, it changed into the type (drawing 9) which used the electrode also [layer / shield], and asked for the head output. Consequently, the head output has checked the equivalent and same effect.

[0095]

[Effect of the Invention] It is a book from the above-mentioned result. Namely, this invention is a tunnel magneto-resistive effect mold arm head which has the tunnel multilayers to which the laminating of a tunnel barrier layer, the ferromagnetic free layer formed as whose tunnel barrier layer was pinched, and the strong magnetic pinned layer was carried out. The free layer principal part from which said ferromagnetic free layer constitutes some tunnel multilayers substantially, It has in one the front flux guide section and the back flux guide section which are installed before and after this free layer principal part, respectively. Said front flux guide section A part of ABS (Air Bearing Surface) is constituted. The crosswise length L_m of said free layer principal part Since it is set up for a long time than the length L_f of the cross direction of the front flux guide section, and the crosswise length L_b of the back flux guide section The extremely excellent effect that there is little decline in TMR rate of change, and a head output can apply to super-high density record greatly from the first discovers improvement in the TMR head engine performance, and especially the thing to excel in corrosion resistance.

[Translation done.]